

MODELO DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GARANTIA DA QUALIDADE EM EMPRESAS MONTADORAS DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

Marcos Marinovic Doro

Labmetro, Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 5053, 88040-970, Florianópolis, SC-Brasil, telefone +55 48 239 2035, fax +55 48 239 2009, mmd@labmetro.ufsc.br

Prof. Gustavo Daniel Donatelli, Dr.

Labmetro, Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 5053, 88040-970, Florianópolis, SC-Brasil, telefone +55 48 239 2037, fax +55 48 239 2009, donatelli@labmetro.ufsc.br

Resumo. *Este trabalho mostra um modelo para a implantação da garantia da qualidade com o objetivo de melhorar progressivamente a qualidade e a eficiência das empresas montadoras de placas de circuito impresso. O modelo propõe uma implantação em três fases, cada uma das quais acrescenta novas técnicas para melhoria da qualidade e novos e mais efetivos meios de inspeção, transformando progressivamente a cultura e capacidade da empresa para atingir patamares mais altos de qualidade e eficiência. A primeira fase é aplicável às empresas que ainda não possuem um sistema de garantia da qualidade e que operam com altos custos de má qualidade. O foco desta fase está na sistematização dos processos e na geração de evidência objetiva sobre a qualidade produzida. Para isso, propõe-se a utilização da metodologia do plano de controle e de ferramentas estatísticas básicas. A segunda fase adiciona o uso de ferramentas de análise de risco e sugere a aplicação do controle estatístico nas variáveis de produto e processo, com intuito de viabilizar a montagem com índices da qualidade aceitáveis. Já na terceira fase, propõe-se que a empresa otimize seus processos usando projeto de experimentos e adicione recursos de inspeção mais poderosos, com automação da coleta de dados sobre qualidade. O modelo proposto foi parcialmente aplicado numa empresa montadora de placas de circuito impresso, e resultados preliminares mostraram-se promissores.*

Palavras-chave: *placa de circuito impresso, plano de controle, controle estatístico do processo (CEP), PFMEA, métodos de inspeção e teste*

1. INTRODUÇÃO

As placas de circuito impresso (PCI's) são elementos fundamentais, presentes em todo e qualquer bem eletrônico, seja de informática, telecomunicações, consumo, automatização ou módulo de eletrônica embarcada. A sua utilização, porém, determina que atenda a especificações mais ou menos rigorosas, de acordo com a complexidade e responsabilidade das tarefas a serem executadas pelo produto final.

No Brasil, a maior parte do mercado de placas de circuito impresso tem sido suprida por importações, pois a concorrência com os países asiáticos é extremamente difícil. Lá estão localizadas as principais fábricas de produtos eletrônicos do mundo e, assim, suas fábricas operam com grandes escalas, reduzindo significativamente os preços das placas produzidas. Além disso, bens eletrônicos recentes, como terminais celulares ou equipamentos de telecomunicações de última geração, utilizam placas extremamente complexas, cuja tecnologia de fabricação ainda não está disponível no país ^[1].

Neste contexto, a gestão da qualidade tem um papel fundamental, estabelecendo um conjunto de ações necessárias para que se alcance a qualidade de nível mundial. Isto requer uma transformação em relação ao pensamento e as atitudes habituais de gerenciamento praticados nas organizações. As empresas que se adequarem a esta nova realidade estarão atingindo um elevado potencial de qualidade, de produtividade e de competitividade ^[2].

Entretanto, de uma maneira geral, a implantação de efetivos programas de qualidade ainda não é buscada pelas empresas brasileiras montadoras de placas de circuito impresso, principalmente por empresas de pequeno porte. Isto ocorre pela dificuldade de implantação, devido a fatores como: produtos e processos complexos, custos altos com equipamentos, grande diversificação de produtos e lotes, tecnologia dinâmica, testes e inspeções sofisticados. Outro problema enfrentado é o escasso conhecimento do conteúdo, eficácia, possibilidades de uso e acessibilidade dos métodos de gestão da qualidade. Esta ausência de efetivos sistemas de garantia da qualidade acarreta em altos tempos de retrabalho e altas taxas de defeitos em campo, ocasionando a perda de competitividade para as empresas fabricantes e montadoras de placas de circuito impresso e para seus potenciais clientes, o que leva a substituição das placas nacionais por importadas.

O objetivo deste trabalho é mostrar uma solução para facilitar a implantação da garantia da qualidade em empresas montadoras de placas de circuito impresso e, com isso, melhorar sua qualidade e competitividade.

2. O PROCESSO DE MONTAGEM DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

Todo processo de montagem de placas de circuito de impresso envolve operações de inserção de componentes, a quais podem ser executadas desde processos manuais até através de máquinas automáticas que utilizam sofisticados sistemas de visão e posicionamento de componentes e, operações de soldagem dos componentes, utilizando uma máquina de soldagem por onda ou um forno contendo várias zonas de temperatura ^[3].

Durante estas operações existem várias oportunidades de defeitos ocorrerem, como por exemplo: ausência de componentes, componentes inseridos incorretamente, curto (ligação indesejável entre dois ou mais pontos que não devem estar conectados), soldagem deficiente. Além disso, existem defeitos que não são gerados propriamente pelo processo de montagem. Eles são causados devido à má qualidade dos componentes ou das placas nuas, pelo armazenamento, transporte ou manuseio incorreto. Neste caso, podem ocorrer defeitos como: componente eletricamente defeituoso, componente com dimensões erradas, placa danificada ou empenada ^[4].

Qualquer um destes defeitos irá resultar em alguma limitação na performance do produto. Existem defeitos (componente eletricamente defeituoso, ausência de componente, curto) que impedem diretamente a funcionalidade da placa, enquanto outros (insuficiência de solda, soldagem deficiente) poderão permitir uma funcionalidade total durante a fase de testes, porém mais adiante, quando a placa for transportada ou usada, estes defeitos podem tornar o produto não funcional.

Desta forma, conhecer os tipos, as causas e as conseqüências destes defeitos é fundamental para que ações corretivas e preventivas sejam tomadas e se consiga garantir a qualidade do processo e do produto. No entanto, isto não é um problema de solução trivial. O processo de montagem de placas circuito impresso contem vários equipamentos, materiais e variáveis envolvidas.

Para conseguir a qualidade no processo de montagem de placas de circuito impresso é necessário iniciar pelo desenvolvimento do produto (Figura 1), de modo que o projeto possa garantir que a placa de circuito impresso seja fabricada, montada, testada de forma eficiente. Devem ser aplicados métodos durante o desenvolvimento e planejamento do processo que visam o ajuste e a melhoria do processo, a prevenção de defeitos e a sistematização das operações. Por fim, na produção devem ser aplicados métodos para manter o processo com a mínima variação possível e técnicas de inspeção e testes que consigam detectar os possíveis defeitos nas placas, sendo que, os dados gerados durante o processo produtivo devem criar um ciclo de melhoria contínua para todas as etapas. Esse mesmo destino deve-se dar à informação sobre o funcionamento da placa em campo e a eventuais reclamações do cliente ^{[5],[6]}.

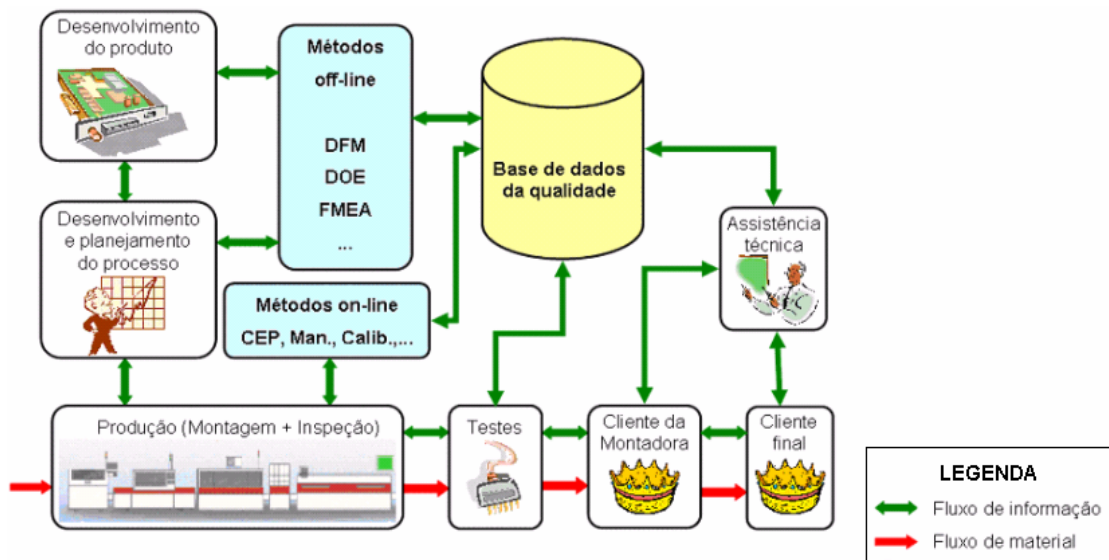


Figura 1. Enlace entre os métodos de garantia da qualidade no processo de montagem de PCI (adaptado de [5])

Entretanto, deve-se observar que a diversidade e complexidade das ações a serem realizadas, a falta de uma cultura da qualidade, o enxuto das equipes de trabalho e a baixa capacidade de investimento atentam contra a implantação de modelos complexos de garantia da qualidade nas empresas montadoras de placas de circuito impresso.

3. MODELO PARA A IMPLANTAÇÃO DA GARANTIA DA QUALIDADE EM EMPRESAS MONTADORAS DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

O modelo proposto neste trabalho estruturalmente está dividido em três fases de implantação, definidas a partir de quatro estágios [7], como ilustrado na Figura 2.

	FASE 1	FASE 2	FASE 3
DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO	DFM		DFT
DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO DO PROCESSO	Fluxograma		
	Procedimentos		
	Diagrama Pareto		
	Diagrama causa-efeito		
	Treinamentos		
	Plano de controle		
	Plano de reação		
PRODUÇÃO		PFMEA	DOE
	Diário de bordo		
	Folha de verificação		
	Rastreabilidade		
	Manutenção		
INSPEÇÃO E TESTE		CEP	Aquisição automática dos dados de produção
	Manual Visual	AOI	AXI
	Funcional		ICT
			Aquisição automática dos dados de inspeção
ASPECTOS METROLÓGICOS	Calibração	R&R	
INDICADORES	DPMO (IPC-7912)	DPMO (IPC-9261)	
	Índice Complexidade		Cp e Cpk
			Índice Produtividade
ESTÁGIO 1	ESTÁGIO 2	ESTÁGIO 3	ESTÁGIO 4

Figura 2. Modelo de implantação da garantia da qualidade para o processo de montagem de PCI

As fases contêm as atividades necessárias para alcançar os objetivos, enquanto que os estágios indicam o nível de qualidade esperado da empresa antes e depois da implantação de uma determinada fase. Desta forma, a implantação das três fases deste modelo permitirá levar a empresa desde um estágio caracterizado pela gestão empírica, resultando em alta ineficiência e baixa qualidade, até outro estágio, onde a empresa seja capaz de montar placas de alta complexidade com qualidade comprovada.

Propôs-se uma divisão em fases de implantação por ser tecnicamente e economicamente mais viável. Algumas justificativas para a divisão em fases são:

- A cultura da qualidade numa empresa não se desenvolve de forma imediata, ou seja, é necessário vencer barreiras técnicas e humanas, portanto, é aconselhável dividir os objetivos por grau de dificuldade.
- O conhecimento do produto e do processo acumula-se de forma gradativa, assim sendo, não é possível atuar imediatamente sobre todos os fatores que geram problemas de qualidade.
- O investimento financeiro irá aumentar gradativamente conforme a empresa avance de estágio, permitindo uma melhor administração dos custos.
- A utilização de alguns dos métodos da garantia da qualidade necessita de informações disponíveis ou objetivos já atingidos.
- O modelo pode ser aplicado em empresas que possuem diferentes níveis de qualidade, implantando a fase adequada para cada empresa.

Vale ressaltar que o processo de implantação deve ser acumulativo, ou seja, todos os métodos e ferramentas da qualidade utilizados numa determinada fase, devem ser mantidos e aprimorados na fase seguinte.

Para que o modelo possa ser implantado é exigida uma estrutura organizacional mínima composta de três funções principais: desenvolvimento do processo, gerenciamento do processo e análise da qualidade. Dependendo do tamanho da empresa, estas funções poderão ser executadas por um ou mais indivíduos, embora o ideal seja contar com perfis diferenciados para cada função. Cada componente da estrutura terá responsabilidades e funções específicas, conforme ilustrado na Figura 3.

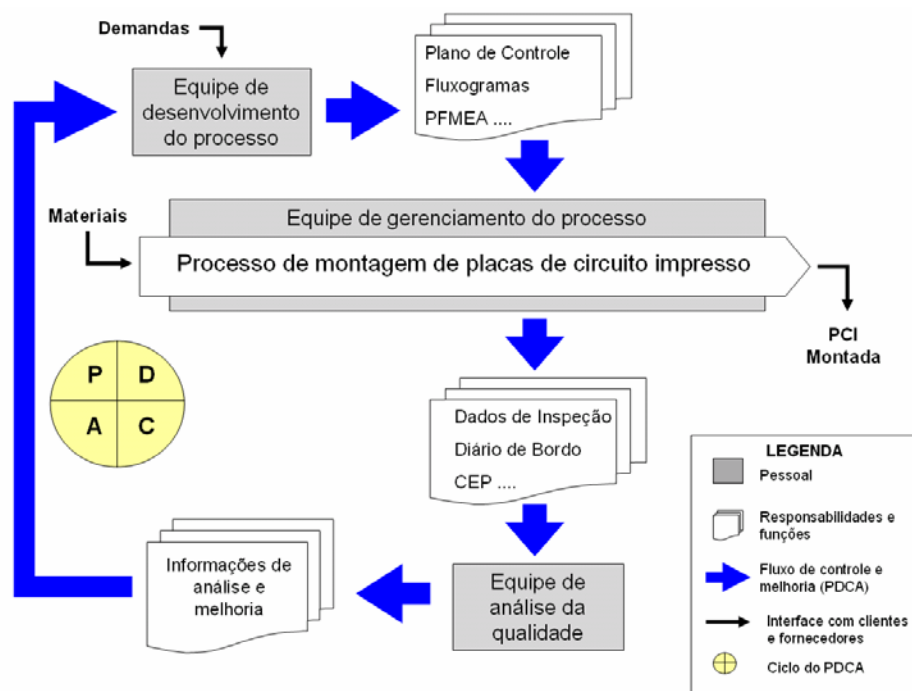


Figura 3. Estrutura organizacional mínima e fluxo de informação

A seguir será detalhada a metodologia de implantação das atividades propostas em cada fase do modelo, apresentadas na ordem em que aparecem nos ciclos da Figura 3.

3.1. Fase 1 ou Fase de Análise e Sistematização dos Processos

A Fase 1 é onde se inicia a cultura da qualidade dentro da empresa (Figura 2). Esta é caracterizada pela análise e sistematização dos processos. O entendimento do produto e do processo e a estruturação das atividades realizadas durante o processo produtivo são os objetivos gerais desta fase. Sua implantação está voltada para empresas que se encontram no “Estágio 1” da qualidade, ou seja, empresas caracterizadas pela gestão empírica dos processos produtivos e pela inexistência de um sistema de gestão da qualidade.

Os objetivos específicos desta fase são:

- melhoria do conhecimento sobre o produto e o processo;
- sistematização dos processos;
- envolvimento dos clientes, funcionários e fornecedores no ciclo da qualidade;
- estruturação do sistema de informação sobre a qualidade;
- eliminação dos problemas evidentes e redução de retrabalhos e refugos;
- redução da taxa de defeitos para abaixo de 2700 ppm (placas com defeito no cliente).

Nesta fase, a equipe de planejamento do processo foca principalmente na organização e sistematização, buscando eliminar situações que gerem problemas de qualidade. As atividades da equipe de desenvolvimento do processo devem englobar a implantação do uso de técnicas de DFM (projeto para manufatura), isto irá permitir que a empresa conheça e possa repassar aos clientes as boas práticas de projeto, de forma que estes melhorem o projeto das placas e permitam atingir patamares mais elevados de qualidade na montagem. Um meio para a empresa alcançar esses objetivos é através da elaboração de um manual de DFM contendo todos os requisitos necessários para a placa de circuito impresso ser montada eficientemente.

Devem ser criados fluxogramas dos processos de montagem de todos os tipos de placas produzidos comumente pela empresa. O fluxograma serve para visualizar o processo de montagem como um todo, evitando que etapas sejam desconsideradas ou esquecidas, além de facilitar a geração e uso do plano de controle. Também é necessária a criação de procedimentos e instruções para todas as atividades que influenciam na qualidade da placa de circuito impresso.

Outras “ferramentas-chave” que devem ser elaborados pela equipe de desenvolvimento do processo são o plano de controle e seu associado, o plano de reação. Um plano de controle deve ser elaborado toda vez que uma nova placa entrar em produção, indicando onde, como e quando devem ser executados os controles. Já o plano de reação deve conter os procedimentos a serem realizados quando não-conformidades forem encontradas.

A equipe de desenvolvimento do processo deve ainda ser capaz de criar registros contendo os parâmetros de processo usados para a montagem de cada modelo de placa, auxiliar a equipe de produção na implementação do sistema de garantia da qualidade e sistematizar as melhorias sugeridas pela equipe da produção e análise da qualidade.

A equipe de gerenciamento dos processos tem a responsabilidade de realizar a revisão e o monitoramento do estado das máquinas e equipamentos de produção e providenciar a calibração dos instrumentos de medição e verificá-los periodicamente, já que a produção confiável somente poderá ser alcançada se os equipamentos de produção estiverem em boas condições de operação. Promover o treinamento dos operadores em aspectos relevantes dos processos de montagem e definir e registrar os valores ideais dos parâmetros de processo.

Durante a produção é quando ocorre a coleta de informações para a análise do processo, usando diários de bordo e folhas de verificação. Porém, antes de iniciar a operação de coleta de informações é necessário que exista rastreabilidade de produto.

Adicionalmente, a equipe de gerenciamento do processo deve auxiliar a equipe de desenvolvimento do processo na elaboração e atualização dos documentos (plano de controle, plano de reação, fluxogramas) e auxiliar a equipe de análise da qualidade, fornecendo dados e informações confiáveis nos quais possa se basear o esforço de melhoria.

A equipe que realiza a análise da qualidade é responsável pela melhoria contínua do sistema de garantia da qualidade. Para poder executar suas tarefas em forma idônea, treinada no uso das ferramentas da qualidade, tais como: diagrama de Pareto, diagrama de causa-efeito e gráfico de

correlação. Usando as mesmas, deverá processar as informações coletadas na produção (diário de bordo, folha de verificação) e as informações sobre falhas de placas em testes realizados pelo cliente ou pela assistência técnica, a fim de calcular os indicadores da qualidade e identificar os pontos críticos do processo e os principais tipos de defeitos. Ainda, estes devem propor melhorias no processo, nos procedimentos e instruções de trabalho e nas ferramentas de coleta de informação, auxiliar a equipe de desenvolvimento do processo na elaboração e atualização dos documentos (plano de controle, plano de reação, fluxogramas) e apoiar a equipe da produção na melhoria dos processos e do sistema de garantia da qualidade on-line.

A técnica de inspeção mínima exigida na Fase 1 é a visual manual. Esta poderá ser 100% ou amostral, dependendo do desempenho da montagem. A inspeção deve acontecer no recebimento dos materiais (eliminação dos defeitos aparentes) e durante a montagem da placa. A última etapa do processo de montagem são os testes. Durante todas as fases exige-se que as placas passem por testes funcionais antes de serem entregues ao cliente.

3.2. Fase 2 ou Fase de Controle e Melhoria dos Processos

No final da Fase 1 espera-se que a empresa opere seus processos de forma sistêmica, possuindo evidência objetiva da qualidade produzida. Uma empresa que está nessa condição se diz que está no “Estágio 2”, ou seja, a empresa já implantou uma cultura mínima da qualidade, a sua equipe de funcionários será capaz de analisar o layout de uma placa e planejar o processo, operar o processo segundo instruções documentadas e analisá-lo através de ferramentas simples da qualidade e das informações obtidas em inspeções, testes e históricos de reclamações dos clientes. A taxa de defeitos será razoavelmente estável, tendo diminuído como consequência da organização das tarefas.

No entanto, na Fase 1 não foram realizados esforços específicos para minimizar a taxa de defeitos ao valor mínimo consistente com o nível dos equipamentos operados pela empresa. Conseqüentemente, a estratégia da Fase 2 baseia-se na implantação de controle estatístico de processo, visando diminuir o risco de produzir placas com defeitos. Para implementar essa estratégia acrescenta-se ao sistema criado durante a Fase 1 as ferramentas e métodos listados na Figura 2.

Assim, os objetivos específicos fixados para esta fase são:

- qualificação dos fornecedores;
- implantação da gestão estatística de processos;
- diminuição progressiva do retrabalho e refugo e o aumento da qualidade;
- melhoria da eficiência de inspeção;
- redução da taxa de defeitos para abaixo de 320 ppm (placas com defeito no cliente).

As responsabilidades da equipe de desenvolvimento do processo nesta fase envolve o aprimoramento do manual de DFM e a promoção contínua da difusão e utilização pelos clientes. E ainda, a elaboração e implantação do uso do PFMEA (Análise dos Modos de Falhas do Processo e seus Efeitos) na empresa. O PFMEA é uma ferramenta fundamental para diminuir o risco de produzir placas com defeitos. Sua aplicação na Fase 2 é possibilitada pela acumulação de conhecimento e informação produzida durante a Fase 1. Como recomendado pelo método, as sessões de PFMEA devem incluir representantes de diversos setores, com competências adequadas.

Outra responsabilidade importante da equipe de planejamento de processo é a implantação do CEP (Controle Estatístico de Processos). Sempre será preferível, especialmente nos inícios do programa, manter um número relativamente baixo de características sob CEP. Outro aspecto importante é a correta seleção do tipo de gráfico de controle ^[8].

A responsabilidade principal do gerenciamento do processo nesta fase é a operacionalização do CEP na linha de montagem e a realização dos estudos de R&R (Repetitividade e Reprodutibilidade). Além disso, devem auxiliar a equipe de desenvolvimento do processo na elaboração e revisão dos documentos (PFMEA, plano de controle, plano de reação, fluxogramas) e a equipe de análise da qualidade, fornecendo dados e informações confiáveis nos quais possa se basear o esforço de melhoria.

A equipe de análise da qualidade é responsável pela melhoria contínua do sistema de garantia da qualidade. A operacionalização do CEP traz algumas tarefas adicionais às já iniciadas na fase anterior. Estas tarefas consistem em analisar o estado dos processos, usando para isso os gráficos de controle preenchidos na produção e monitorar o andamento dos programas de CEP e de análise dos processos de medição, inspeção e teste. Além disso, nesta fase a equipe de análise da qualidade deve colaborar com a implantação da análise preventiva de risco de defeitos, participando ativamente nas sessões de PFMEA, e propor melhorias no processo, nos procedimentos, instruções de trabalho e nas ferramentas de coleta de informação.

A partir desta fase a inspeção de entrada será mais rigorosa. Esta deve ocorrer nos insumos das máquinas (pasta de solda, fluxo, adesivo), nos componentes e nas placas de circuito impresso nuas. Para evitar a incidência de falhas a empresa montadora deve adquirir materiais e insumos somente de fornecedores confiáveis e homologados.

Nesta fase é recomendada a incorporação da inspeção óptica automática (AOI). Isso trará duas vantagens fundamentais para a operação do sistema de garantia da qualidade: o aumento na cobertura de defeitos e a diminuição do tempo entre o momento em que o problema acontece e o momento em que é solucionado. A etapa de testes nesta fase permanece da mesma forma que na fase anterior, ou seja, após o processo de montagem as placas devem passar por testes funcionais.

3.3. Fase 3 ou Fase de Otimização dos Processos

A Fase 3 é onde existem os maiores desafios, tendo como objetivo capacitar a empresa a montar quaisquer tipos de placas de circuito impresso, inclusive placas de alta complexidade, com a mínima taxa de defeito. Para implantação desta fase é esperado que a empresa possua um sistema da qualidade definido e implantado, seu processo operando de forma estável e controlado com uma reduzida taxa de defeitos e os funcionários qualificados e comprometidos com as boas práticas de projeto e processo, sendo que estas características devem ser atingidas no final da Fase 2. Uma empresa nesta condição encontra-se no “Estágio 3” da qualidade.

Nesta fase grandes investimentos podem ser necessários, montar placas complexas requer meios de inspeções e testes sofisticados e equipamentos e máquinas extremamente capazes. A Fase 3 caracteriza-se pela atualização das máquinas de produção, inspeção e testes e pela informatização das operações, permitindo aumentar a cobertura dos defeitos e elevar a eficiência na montagem e no processamento das informações visando a melhoria da qualidade. Durante sua execução são acrescentados os métodos e ferramentas listadas na Figura 2.

Os objetivos específicos desta fase são:

- modernização e atualização do processo;
- melhoria nos métodos de inspeção e testes;
- abertura de novos mercados para a empresa com a montagem de placas mais complexas;
- minimização do refugo e retrabalho e, conseqüentemente, das reclamações dos clientes;
- taxa de defeitos igual ou menor que 64 ppm (placas com defeito no cliente).

As responsabilidades da equipe de desenvolvimento do processo na Fase 3 são: acrescentar junto a metodologia do DFM a aplicação da metodologia do DFT (projeto para teste), pelo cliente e também no âmbito da própria empresa; utilizar técnicas de delineamento de experimentos (DOE) com o objetivo de conseguir o ótimo ajuste do processo, determinar parâmetros dominantes e testar novos materiais; especificar meios de inspeção e testes capazes de detectar a maioria dos defeitos potenciais.

Além disso, a equipe de desenvolvimento do processo deve executar estudos de capacidade das máquinas, principalmente para as máquinas de inserção de componentes SMT e aplicação de pasta de solda e, caso estas não atendam os requisitos, executar tarefas de ajuste, *up-grades* ou adquirir máquinas mais capazes. O processamento das informações deverá ser um outro ponto de atenção nesta fase. Para que as causas ou as oportunidades de defeitos possam ser identificadas o mais rapidamente possível, e ações de correção ou contenção sejam tomadas, é necessária uma alta eficiência na coleta e análise dos dados. Para isto, nesta fase é recomendada a criação de uma interface (hardware e/ou software) para aquisição automática dos dados de inspeção e produção.

Durante a produção é necessário que o CEP esteja bem difundido dentro da empresa, de modo que o processo possa ser ajustado e controlado de forma eficiente. Um efetivo plano de manutenção e conservação dos equipamentos e máquinas produtivas deve estar implantado, os meios de medição calibrados e capazes de detectar as variações do produto e processo e os funcionários treinados para executarem suas atividades. Os novos sistemas de inspeção e testes, definidos durante o planejamento do processo, devem ser implantados, o que será necessário gerar novas instruções de inspeção, a partir do plano de controle, e treinar os funcionários. O sistema de aquisição automática dos dados de produção e inspeção deverá proporcionar uma grande agilidade na correção do processo ou, no pior caso, na contenção dos produtos defeituosos.

Com a informatização das informações, os dados gerados durante o processo produtivo serão muito mais dinâmicos e volumosos, a equipe de análise da qualidade deverá ser capaz de filtrar as informações realmente significativas e úteis, a fim de que ações sejam tomadas imediatamente. Os resultados de minimização dos defeitos e aumento da produtividade devem ser verificados continuamente.

Para que exista uma maior cobertura dos defeitos é necessário nesta fase que a empresa disponha de meios de inspeção e testes modernos e sofisticados, tais como: inspeção por Raios-X (AXI), inspeção óptica automática (AOI) e testes de circuito (cama-de-pinos ou *fly-prober*)^[9].

Após o seu término da Fase 3 espera-se atingir o “Estágio 4” da qualidade. Uma empresa que se encontra neste estágio seria capaz de montar placas de circuito impresso de baixa, média e alta complexidade com eficiência e qualidade.

4. IMPLANTAÇÃO INFORMATIZADA DA FASE 1 DO MODELO NO LABELECTRON

A aplicação dos conceitos elaborados no modelo ocorreu no LABelectron, Laboratório de Desenvolvimento e Testes de Processos e Produtos Eletrônicos, situado em Florianópolis, Santa Catarina.

Para auxiliar a implantação do modelo foi desenvolvido um software na plataforma Microsoft Excel®, dedicado especialmente para a Fase 1 do modelo. O software apresenta um menu principal composto de ícones que referenciam para um conjunto de documentos necessários para executar a Fase 1. Estes ícones estão dispostos na forma de fluxograma, conforme ilustrado na Figura 4.

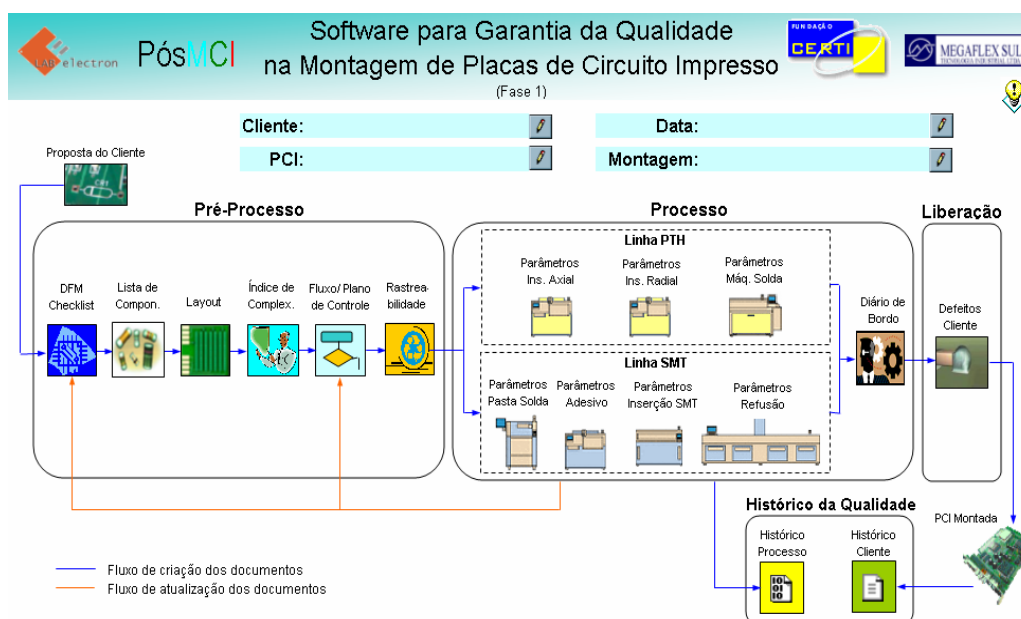


Figura 4. Menu principal do software para implantação da Fase 1

Foi estabelecida uma divisão em quatro partes principais onde os documentos estão contidos:

1. Pré-processo – são os documentos que devem ser gerados antes da placa entrar em processo de montagem. Estes documentos estão relacionados com as características de projeto da

placa, com as instruções e controles necessários para o processo de montagem e com a rastreabilidade das placas.

2. Processo – são documentos gerados durante o processo de montagem. Nestes documentos são relatadas todas as modificações e causas especiais que ocorrem no processo durante a montagem da placa. Além disso, o software informa ao usuário onde foram salvos os arquivos contendo a configuração e a parametrização das máquinas.
3. Histórico da qualidade – são documentos gerados durante a inspeção e testes das placas, registrando os tipos e a quantidade de defeitos encontrados. Com estes documentos é possível determinar o índice DPMO da linha e construir o diagrama de Pareto dos defeitos.
4. Liberação – é um documento que deve ser entregue ao cliente para poder recuperar informação sobre os defeitos que não foram detectados durante o processo de montagem.

Cabe ressaltar que as demais atividades propostas pelo modelo que não estão abordados neste software como: elaboração de procedimentos, treinamentos, manutenção e calibração, devem ser executadas paralelamente, para uma total efetividade do sistema da qualidade proposto.

A utilização do software para este estudo de caso facilitou a implantação dos métodos propostos pela Fase 1 do modelo permitindo alcançar os principais objetivos esperados nesta fase. Os resultados obtidos com a aplicação do software foram:

- sistematizou as operações dentro da empresa;
- deu início à criação de uma base de dados da qualidade, através do registro e organização das informações;
- introduziu o conceito do DFM para todos os funcionários;
- reduziu os defeitos mais evidentes;
- incentivou os funcionários a utilizarem os métodos de garantia da qualidade;
- padronizou o índice para medir a qualidade do processo (DPMO^[10]);
- facilitou a análise dos dados de inspeção.

5. CONCLUSOES FINAIS

Foi apresentado um modelo para a implantação da garantia da qualidade para empresas montadoras de placas de circuito impresso, composta em três fases, cada uma das quais acrescenta novas técnicas para melhoria da qualidade e novos e mais efetivos meios de inspeção, transformando progressivamente a cultura e capacidade da empresa para atingir patamares mais altos de qualidade e eficiência.

No decorrer deste trabalho enfatizou-se que a implantação da garantia da qualidade numa empresa montadora de placas de circuito impresso é extremamente trabalhoso, pois além de operar com processos complexos e produtos altamente dinâmicos, a qualidade no processo de montagem está diretamente ligada à qualidade dos componentes elétricos, placas nuas, insumos e design da placa. Desta forma, torna-se necessário que empresa montadora possua uma efetiva gestão preventiva e um processo controlado e capaz.

Um outro ponto a ser considerado para implantar um sistema de garantia da qualidade é a complexidade das placas montadas pela empresa, dependendo de fatores como: o número de componentes contidos na placa, a geometria e a dimensão dos componentes, a função que a placa será destinada e demais fatores, poderá exigir um processo de montagem extremamente capaz e técnicas de inspeção e teste eficientes, pois de uma outra forma a taxa de produtos defeituosos gerados pelo processo de montagem será elevada. Assim, é necessário implantar um sistema que garanta a qualidade de quaisquer modelos de placas montados pela empresa.

Uma aplicação prática do modelo ocorreu no LABelectron. Neste caso, criou-se uma solução alternativa, através de um software dedicado, para auxiliar implantação da Fase 1 do modelo dentro da empresa. O modelo mostrou-se bastante apropriado para a realidade da empresa. Alguns resultados foram imediatamente atingidos como: identificação dos pontos críticos do processo, determinação do nível de qualidade da empresa, redução de defeitos, sistematização de operações e criação do histórico da qualidade da empresa.

6.REFERÊNCIAS

- [1] MELO, P. R.; RIOS, E. D.; GUTIERREZ R. **Placas de Circuito Impresso: Mercado Atual e Perspectivas**. Complexo Eletrônico, BNDES. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/publicacoes/catalogo/setor2.asp>>. Acesso em: 13 out. 2003.
- [2] JURAN, J.M. **Qualidade no século XXI**. São Paulo: ed. Savana, 1997.
- [3] BRINDLEY, K. N. **Electronics Assembly Handbook**. Oxford: Heinemann Professional Publishing Ltd, 1990.
- [4] HUTCHINS, C. L. **Troubleshooting the Surface Mount and Fine Pitch Technology Process**. USA: C. Hutchins and Associates, 1997.
- [5] PFEIFER, T.; TORRES, F. **Manual de Gestión e Ingeniería de la Calidad**. Mira Ed. , 1999.
- [6] SHINA, S. G. **Six Sigma for electronics design and manufacturing**. USA: McGraw-Hill, 2002.
- [7] DORO, M. M. **Sistemática para implantação da garantia da qualidade em empresas montadoras de placas de circuito impresso**. Florianópolis, 2004, 149 f. Dissertação (Mestrado em Metrologia Científica e Industrial), Universidade Federal de Santa Catarina.
- [8] MESSINA, W. S. **Statistical Process Control for Surface Mount Technology**. USA: Willian Samuel Messina, 1999.
- [9] VERMA, A. **Effective Test Strategies for Modern Printed Circuits Assemblies**. Teradyne Inc. Disponível em: <http://www.teradyne.com/prods/cbt/products/library/xray/effective_test_pcba_0208_english.pdf>. Acesso em: 23 out. 2003.
- [10] ROWLAND, R. **DPMO and IPC-7912**. PennWell Corporation. Disponível em: <http://smt.pennnet.com/Articles/Article_Display.cfm?Section=Archives&Subsection=Display&ARTICLE_ID=96166&KEYWORD=DPMO>. Acesso em: 10 nov. 2003.

QUALITY ASSURANCE SYSTEM IMPLEMENTATION MODEL IN ASSEMBLERS OF PRINTED CIRCUIT BOARDS

Marcos Marinovic Doro

Labmetro, Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 5053, 88040-970, Florianópolis, SC-Brasil, telefone +55 48 239 2035, fax +55 48 239 2009, mmd@labmetro.ufsc.br

Prof. Gustavo Daniel Donatelli, Dr.

Labmetro, Universidade Federal de Santa Catarina, Caixa Postal 5053, 88040-970, Florianópolis, SC-Brasil, telefone +55 48 239 2037, fax +55 48 239 2009, donatelli@labmetro.ufsc.br

***Abstract.** This paper presents an approach to the implementation of quality assurance systems in assemblers of printed circuit boards, whose chief objectives are the continuous improvement of the product's quality and the of process and the growth of company's throughput. This approach divides the implementation of quality systems into three phases that gradually introduce new methods to reach higher quality levels. The first phase should be applied to those companies that still do not have a quality management system and that are facing high poor quality. To do that, this phase works in the understanding of assembling processes and quality concerns through control plans and basic statistical tools. The second phase uses risk analysis tools and proposes the use of statistical process control to evaluate product variables and process parameters. The goal of this phase is to make possible the assembly of printed circuit boards at reasonable quality rates. The third phase focuses on the optimisation of the company's activities through design of experiments and betterment of inspection resources and automation of quality data acquisition. The proposed approach has been applied to a Brazilian company of the realm of printed circuit boards, and the results up to now have brought to it substantial benefits.*

***Keywords:** printed circuit board, control plan, statistical process control (SPC), PFMEA, inspection and test methods*